ROCZNIKI FILOZOFICZNE
Tom XXI, zeszyt 3 — 1973

WŁODZIMIERZ SEDLAK

PALEOBIOCHEMICZNE PROBLEMY WCZESNYCH STADIÓW ŻYCIA

Geneza życia pozostaje kwestią otwartą mimo gwałtownego rozwoju paleobiochemii. Ta bowiem, poza nadzieją pokładaną w wynikach analizy „kopalnych" związków organicznych, staje się nie tyle rozwiązaniem, ile raczej punktem węzłowym narastających sprzeczności. Sytuacja pogłębia się w miarę zbliżania się do startu życia.

1. KOMPLEKS CHEMICZNY

A. Istotny problem. Nie znamy startu życia na Ziemi. W związku z tym dla szukania analogii między obecnym stanem chemicznym a materiałem kopalnym brak nam zasadniczego punktu odniesienia. Zgodność chemiczna między współczesnym życiem a minionym, choćby z prekambru, przy nieokreślonej dacie powstania życia na Ziemi, jest też dosyć względna, zakłada się bowiem niezmienność chemicznej treści życia na dystansie przeszło 3 mld lat.

Wniosek opieramy na znajomości 15% historii życia, tzn. od kambru. A jeśli w kopalnym materiale notujemy jedynie drugą fazę ewolucji biochemicznej, której ostatecznym finałem jest chemiczny pokrój dzisiejszych form? Pierwszym zadaniem paleobiochemii byłoby wykazanie, że start życia na Ziemi nie odbiegał od związków białkowych obecnego typu.

Wydaje się to już osiągnięte. Do dyspozycji stoi bowiem materiał kopalny związków organicznych, określany ogólnym mianem kerogenu ⟨14⟩. Stanowi on składnik organiczny skał osadowych i metamorficznych. W zestawie ostatnich danych wymieniona trudność zdaje się jednak zmierzać ku rozwiązaniu. W prekambryjskim kerogenie stwierdzono bowiem występowanie podobnych aminokwasów, cukrowców i lipidów ⟨3, 23, 62⟩, jakimi charakteryzuje się obecny skład żywego ustroju. Materiał porównawczy wskazuje tylko na pewne odchylenia ilościowe związane z parametrem czasu geologicznego. Wyniki są oparte na 2 000 analiz, a więc najbardziej miarodajne dla dokładności statystycznych ⟨42⟩.

Od trzeciorzędu do kambru stwierdza się przewagę aminokwasów nad węglowodanami. W aminokwasach przeważa szereg alifatyczny nad aromatycznym. Wśród cukrowców ilościowo przeważają heksozy nad pentozami, choć dla kambru nie można tego wyraźnie zauważyć. Dane dla prekambru potwierdzają te same relacje aminokwasów, przy czym znaczna ich ilość zawiera siarkę ⟨35⟩. Zawartość związków aromatycznych wykazuje duży rozrzut zależny od wieku geologicznego i waha się między 4—17%. Znamienne mogłyby być ilościowe relacje atomów węgla w łańcuchach węglowodorowych. Stwierdzono różnice w parzystości i nieparzystości atomów węgla dla kambryjskich i prekambryjskich alkanów ⟨20⟩. Parzystość stanowi cechę związaną z czasem geologicznym. Wymienione różnice mogą być wskaźnikiem orientacyjnym, nie muszą jednak świadczyć o odchyleniach biochemicznego schematu w przeszłości życia.

W rezultacie dla prekambru stwierdzamy występowanie aminokwasów, zarówno alifatycznych jak i aromatycznych, cukrowców, lipidów, karotenów i bardzo charakterystycznych dla biologii porfiryn ⟨2⟩.

Rzecz komplikuje się o dalsze okoliczności. Kerogen nie zawiera konkretnych związków organicznych, tylko pochodne, z których odtwarzamy wyjściowy skład chemiczny. W czasie diagenezy związki organiczne podlegały procesom fizykochemicznym łącznie z warstwami skalnymi. Skała w takim samym stopniu świadczy o dawnym środowisku wodnym, w jakim kerogen o żywej materii tamtych czasów. Jeśli diageneza dla skały oznacza strukturalne przeobrażenie sedymentów, to dla związków organicznych może to być nie tylko przejście w kerogen (pochodne związane z komponentem mineralnym, głównie krzemionką i pirytem). Nie jest wykluczone, że diageneza działa katalitycznie na pierwotne prostsze związki poprzez zmiany temperatury, ciśnienia, krążących roztworów mineralizujących, prądów geoelektrycznych. Katalityczna rola krzemionki i glinokrzemianów jest znana i wykorzystywana w skali technicznej. Eksperymentalnie przeprowadzono polikondensację aminokwasów na mineralnym podłożu typu montmorylonitu ⟨39⟩.

Nie wiadomo, czy nie występuje też zjawisko odwrotne — oddziaływanie związków organicznych na tworzenie się skał ilastych. Syntezę kaolinitu przeprowadza się w temperaturze pokojowej z koloidalnej krzemionki i sześciokoordynacyjnego glinu. Otrzymuje się go z kompleksu Al^{+3} z kwasem szczawiowym lub fulwowym. Synteza kaolinitu przebiega przy pH od 2 do 9 ⟨26⟩. Celuloza i galaktoza, a być może i aminokwasy wiążą krzem ⟨53⟩. Wykazano ponadto, że jony Fe^{+3} i drobiny organiczne odgrywają znaczną rolę w syntezie kwarcu przy niskiej temperaturze, przy czym wymagany jest czas rzędu roku lub niewiele dłuższy ⟨29⟩. Skrobia, a głównie jej składnik amylopektyna, daje połączenia poprzez grupę fosforanową z Na, K, Ca i Mg ⟨70⟩. Substancja organiczna kon-

centrowałaby więc składniki glinokrzemianów typu kaolinitu i montmorylonitu. Syntezę tego ostatniego przeprowadzono już przy temperaturze pokojowej w ciągu 30 dni ⟨22⟩.

Nie wiadomo, czy „reliefy" otrzymywane przy wytrącaniu żelu krzemionkowego w obecności związków organicznych, ze specjalną potem zdolnością adsorpcyjną takich związków na powierzchni kwarcu, miałyby zastosowanie i w tym przypadku. Kwarc występuje w montmorylonicie w ilości 50—57% ⟨43⟩.

Istnieje ponadto swoisty zespół nie rozwiązanych problemów, utrudniający jednoznaczną interpretację. Nie znamy przejścia między kambrem a prekambrem ani z punktu widzenia geologicznego, ani paleontologicznego, a być może nie znane jest również przejście biochemiczne. Nie jest wykluczone, że w tym czasie brak jeszcze było jednolitego oceanu światowego, a lokalne zbiorniki wodne z fauną i florą przedstawiały niejednakowe możliwości rozwoju życia. Paralelizacja zresztą czasowa jest niemożliwa zarówno w sensie geograficznym, jak i paleontologicznym ⟨10⟩.

Tak, zdawałoby się, obiektywne datowanie izotopowe daje duży rozrzut wartości i trudno przeprowadzić dla prekambru paralele w skali światowej ⟨27⟩. Dla bezwzględnego wieku kambru proponowano poprawki sięgające 55% przyjętych dotychczas szacowań, przesuwając dolną granicę do 900 mln ⟨68⟩. Zmiany dokonują się w szybkim tempie: Blum w r. 1955 przyjmuje „dokładnie" 505 mln lat ⟨6⟩, Bernal natomiast w r. 1969 określa ją na 800 mln ⟨4⟩. Wątpliwa jest również dolna granica prekambru, nie wiadomo zresztą, co za prekambr w ogóle uważać. Jeśli weźmie się pod uwagę skały osadowe, dające największe i bodaj jedyne szanse zachowania szczątków życia, to można przypuszczać, że 3 800 mln lat jest liczbą realną ⟨6⟩. Podstawa zaszeregowania skał do prekambryjskich ulega jednak poszerzeniu w następstwie otwartego problemu granityzacji. Skały osadowe bowiem na skutek metasomatozy mogą dawać utwory krystaliczne.

Dolna granica wiekowa życia nie ma żadnych bliżej określonych podstaw i łączy się z wiekiem skał sedymentacyjnych, a więc sięga mniej więcej 3,8 mld lat, choć nie wykluczamy możliwości znacznego obniżenia tej granicy — do 4,5 mld lat. Nieznany jest czas ukształtowania się hydrosfery, atmosfery i wiek Ziemi jako planety, choć pewne daty ważne dla ewolucji życia, jak przejście atmosfery anaerobowej w tlenową, udało się ustalić na powyżej 3 mld lat za pomocą izotopu siarki ^{34}S z barytów serii Swaziland. Słynne więc formy życia notowane z tej serii, a datowane na 3 200 mln lat, istniałyby w atmosferze mniej utlenionej niż obecna, ale nie w redukcyjnej ⟨40⟩. Obracamy się w sferze domyślni-

ków, a dokładne dane rzutowałyby przecież na tempo ewolucji form organicznych. Przyspieszenie ewolucji z czasem wzrasta. Współczynnik przyspieszenia „wyrabia się" niejako w miarę rozwojowej praktyki życia na Ziemi. Znajdujemy się w kompleksie ważkich niewiadomych, od których zależy ostatecznie rozwiązanie problemu paleobiochemicznego, postawionego na wstępie. Całość robi wrażenie podawania dokładnych wyników wśród nieścisłych podstaw i ram.

Ostateczną formą zredukowania związków organicznych w skale nie jest kerogen, lecz grafit. Występuje on często w formacji prekambryjskiej i jeśli nie jest wynikiem redukcji $CaCO_3$ na kontakcie z materiałem wulkanicznym, dowodzi biotycznej genezy. Prekambryjski grafit występuje w różnym zestawie skalnym w łupkach, fyllitach, gnejsach, kwarcytach, marmurach, piaskowcach.

Nas interesuje w tej chwili po raz pierwszy stwierdzony w Górach Świętokrzyskich fyllit z resztkami organicznymi wykazującymi duże analogie z *Corycium enigmaticum* w fyllitach Finlandii ⟨46⟩. Nie posiadamy metryki dla fyllitu świętokrzyskiego, ale zapewne nie jest młodszy od dolnego kambru. Makroskopowo przedstawia cienką laminację przy większym nagromadzeniu ciemnej, niemal czarnej substancji węglistej. Stanowi ona w skale 12,5—13,2%. Przyjmuje zarys łusek, utworów miseczkowatych, niekiedy o powierzchni kilku, rzadziej kilkunastu mm^2 ⟨56⟩. Eskola nazywa tego rodzaju skałę fyllitem warwowym ⟨11⟩. Być może odsłoni się tutaj fragment górnego prekambru, którego odkrywka znajduje się 30 km na południe od Łysogór, w Kotuszowie. Skład chemiczny fyllitu świętokrzyskiego w porównaniu z fyllitem Finlandii przedstawia tab. 1.

Tab. 1. Skład chemiczny warwowego fyllitu Finlandii (11) oraz fyllitu świętokrzyskiego (anal. H. Heyduk)

Składnik	Fyllit warwowy jasna warstwa	Fyllit warwowy ciemna warstwa	Fyllit świętokrzyski	
			próbka 1	próbka 2
SiO_2	63,93	56,63	64,30	62,90
Al_2O_3	16,92	22,41	20,80	22,70
Fe_2O_3	0,79	0,58	0,32	0,47
FeO	5,04	5,05	0,54	0,70
CaO	1,36	1,28	0,37	0,40
MgO	2,15	2,35	0,42	0,40
Na_2O	1,98	2,31	0,43	0,46
K_2O	4,94	6,15	2,35	2,37
H_2O	1,66	2,37	1,10	1,20
S	0,02	0,08	0,04	0,14
C	—	0,31	0,39	0,48

Otrzymany z fyllitu świętokrzyskiego kerogen wykazuje po przeliczeniu na substancję organiczną następujący skład chemiczny: C — 59,01%, H — 11,57%, N — 19,28% (Zakład Chemii KUL). Większą niespodziankę zrobiły sąsiednie mułowce hematytowe, w których zawartość kerogenu stanowi tylko 4,8% skały. Analiza wykazała następujący jego skład: C — 15,17%, H — 2,96%, N — 2,48%. Morfologicznie wyodrębnić można pod mikroskopem kuliste lub owalne agregaty limonitowe i getytowe, być może są to utlenione wtórnie ziarna pirytu (R. Chlebowski). Kształtem przypominają one mikroorganizmy z prekambryjskich kwarcytów Australii, występujące w formie skupień hematytu i getytu ⟨40⟩. Materiał, choćby tylko z Gór Świętokrzyskich, nastręcza kompleks problemów od wieku geologicznego poczynając, poprzez nieznane zjawiska płytkiego i lokalnego metamorfizmu, występowanie substancji węglistej przynajmniej 500—600 mln lat dawnej i możliwości zachowania się resztek flory, kerogenu, po występowanie śladów życia wyżej zorganizowanego. W dodatku jest to kompleks pozbawiony wszelkich uprzedników na tym terenie, wymagający rzutowania na odległe paralele i uplasowania dopiero w świętokrzyskich warunkach oraz być może rewizji niejednego poglądu, głoszonego dotąd jako pewnik.

Na przykładzie fyllitu z Dalionki rysuje się już zespół trudności, które z punktu widzenia paleobiochemicznego nie należą bynajmniej do prostych, dotyczą bowiem jednocześnie geologii, sedymentologii, chronologii, a nie samych tylko metod chemicznej analizy.

B. Organiczna synteza in vitro. Intensywnie rozwija się konkurencyjny dla paleobiochemii dział syntezy organicznej w laboratoryjnych warunkach, dobranych tak, by reprezentowały sytuację środowiska prekambryjskiego. Proste składniki nieorganiczne, jak H_2O, CO_2, NH_3, CN, H, N, rzadziej CH_4, stanowią start substancjalny. Czynniki energetyczne reprezentują zaś wyładowania elektryczne, ultrafiolet, temperatura, ciśnienie. W różnych kombinacjach substratu i warunków otrzymuje się związki organiczne typowe dla układów ożywionych. Pewną modyfikacją, nawiązującą do środowiska mineralnego prekambru, jest dodawanie jonów Fe, Mg i Na jako ewentualnych katalizatorów.

Syntetyczne otrzymywanie związków organicznych, nawet skomplikowanych, nie należy do nowości. Tym razem chodzi niejako o sprawdzenie zarówno pierwotnych warunków, elementarnego substratu, jak i możliwości otrzymania tą drogą składników białkowych. Badania Millera ⟨31⟩, Oró ⟨37⟩, Foxa ⟨21⟩, Abelsona ⟨1⟩ dowiodły realnych podstaw abiotycznej syntezy złożonych związków organicznych w pierwotnym środowisku Ziemi. W tym zestawie otrzymano glicynę, alaninę, kwas aspara-

ginowy, treoninę, serynę, kwas glutaminowy, izoleucynę, leucynę, fenyloalaninę i tyrozynę (15), walinę, prolinę, alloizoleucynę, N-metyloalaninę; próby syntetycznego otrzymania składników kwasów nukleinowych zostały częściowo pomyślnie przeprowadzone (41). Otrzymano więc niektóre nukleotydy dające nadzieję na syntezę DNA i RNA (16, 65).

Synteza in vitro dowodzi, że dla zaistnienia pierwszych związków organicznych nie było potrzebne życie na Ziemi. Sukcesy na tym polu nie rozwiązują problemu paleobiochemicznego odnośnie do interpretacyjnych możliwości kerogenu. Co więcej, istnieją poważne argumenty przemawiające za możliwością syntezy chemicznej podczas diagenezy sedymentów. Abiogennie powstałe związki dostałyby się przy procesach denudacji i transportu wodnego w skład sedymentów, przeszłyby tam swą „diagenezę", ograniczającą się do polimeryzacji lub nowych związków chemicznych. Wyniki syntezy laboratoryjnej ugruntowały wątpliwości paleobiochemiczne i uczyniły problem jeszcze mniej rozwiązywalnym bez dodatkowych kryteriów.

C. Kosmochemia organiczna. Na innych zupełnie zasadach stwierdzono istnienie złożonych drobin organicznych w przestrzeniach Wszechświata. Punktem wyjścia była wymuszona radiacja drobin, a więc kosmiczne efekty maserowe. Na podstawie długości fali można wnioskować o emitującej drobinie. Metoda ta przewyższa zwykłe analizy chemiczne swą precyzją, daje bowiem wgląd nawet w relacje izotopowe. Ten nowy dział nazwano kosmochemią organiczną. Na swoim koncie notuje ona odkrycie wielu złożonych związków, począwszy od amoniaku, aldehydu mrówkowego, cyjanu oraz cyjanowodoru, poprzez alkohol metylowy, acetonitryl, tlenosiarczek węgla do aldehydu octowego, metyloacetylenu i kwasu izocyjanowego. Przewiduje się dalsze sukcesy na tym polu odkrywczym (25, 45, 7). Możliwa jest nawet synteza aminokwasów z gazów zawartych w materii międzygwiezdnej bez udziału wody (71).

Zagadnienie poszerza się o strefy międzygalaktyczne, problem paleobiochemiczny przestaje być tylko planetarny. Może się okazać, że pierwsze związki organiczne nie wymagały wcale prekambryjskich warunków chemicznych ani towarzyszących im czynników energetycznych ziemskich, mogły bowiem już w stanie gotowym zjawić się na powierzchni planety. Abiogeneza dokonałaby się niezmiernie daleko od Ziemi, ale wtedy wszelkie daty powstania życia należałoby przesunąć do samego startu naszej planety.

D. Badania nad meteorytami potwierdzają przypuszczenie importu związków organicznych na Ziemię. Średnią ilość meteorytów i pyłu kosmicznego spadającego w ciągu doby oblicza się na 100—1000 ton, a według hipotezy Schmidta (64) cała masa Ziemi powstała na tej

drodze gdzieś około 7,6 mld lat temu. Występowanie pierwszych, rozbieżnie komentowanych, związków organicznych w meteorytach znalazło swe potwierdzenie w dalszych badaniach. Po wynikach uzyskanych przy badaniu meteorytów z Murchison i Muray fakt istnienia bardzo złożonych związków organicznych jest przyjmowany jako oczywisty. Wykazano w nich istnienie glicyny, alaniny, waliny, proliny i kwasu asparaginowego ⟨38⟩. Wykaz należałoby uzupełnić o 4-hydroksypirymidynę ⟨13⟩ stwierdzoną w wapiennych chondrytach.

E. Próbki gruntu księżycowego ostatnich badań serii Apollo dostarczyły nowych korelacji z meteorytowymi wynikami. Tymi samymi metodami, których używa paleobiochemia, stwierdzono występowanie metanu, węglowodorów aromatycznych, alaniny, glicyny i mocznika ⟨33, 34⟩.

W ten sposób paleobiochemiczne zagadnienia identyfikacji kerogenu zostały zepchnięte do „mikroproblemów" ziemskich, szokujących nas pozornie niezwykłą odległością zdarzeń (3,5—4 mld lat). Tymczasem chemia związków organicznych istniała już dużo wcześniej w przestrzeniach kosmicznych i zapewne tam została w podstawowy sposób rozwiązana. Czy w tej oprawie faktów kerogen rzeczywiście dowodzi wymarłego życia, jak dotychczas interpretowano, czy raczej genezy życia na planecie Ziemia z importowanych substancji organicznych?

Należy poszukiwać dalszych kryteriów umożliwiających biologiczną interpretację kopalnych związków w postaci kerogenu. Zdaje się, że kryteria owe istnieją w nauce i są, historycznie rzecz biorąc, dużo starsze od chemicznych aspektów kopalnych. Takim kryterium jest morfologia. Może rozstrzygnie ona kompleks chemiczny na rzecz biotyczności kerogenu wczesnych okresów historii Ziemi.

2. KOMPLEKS MORFOLOGICZNY

Paleontologia doskonale radzi sobie z morfologią kopalnych resztek. Niestety, przy przejściu od kambru do prekambru dokumentacja morfologiczna raptownie się ucina i nie stoi w żadnej proporcji między ilością zachowanych form tu i tam. Przyczyna jest niewiadoma, w każdym razie zadecydował tutaj nie brak szkieletyzacji wapiennej w prekambrze. Nie jesteśmy w stanie wykazać prekambryjskich uprzedników dla dobrze rozwiniętych w kambrze archeocjatów, trylobitów i ramienionogów. Trudno zaś przypuszczać nagły skok w organizacji życia, znamionujący się nową morfologią w ilości gatunków. Pochodzenie wczesnokambryjskiej fauny pozostaje nadal nie wyjaśnione i stanowi tylko przedmiot przypuszczeń ⟨10, 63⟩.

Ostatnio nadzieje badawcze zwracają się do glonów i bakterii. Z powodu ograniczonej składowej wapieni w prekambryjskiej formacji skamieniałych mikroorganizmów należało się spodziewać w czertach, chalcedonach, krzemieniach. I tam też rzeczywiście je odnaleziono (30, 49). Ze względu na wymiary bakteryjne oraz rekrystalizację krzemionki nie należy się spodziewać zbyt wielu tych form. Produkty natomiast metabolizmu bakteryjnego mogą przybierać imponujące rozmiary miliardów ton, jak to się przyjmuje dla prekambryjskich złóż hematytowo-kwarcytowych (17). Prawdopodobnie bakterie żelaziste stanowią do dziś metaboliczny relikt chemosyntezy. Analogiczne okoliczności należałoby wziąć pod uwagę również dla innych bakterii, głównie manganowych, mało poznanych. Złoża manganu, towarzyszące stale utworom hematytowym, nie muszą posiadać jedynej swej przyczyny w asocjacji geochemicznej między żelazem i manganem, oba rodzaje bakterii wykazują bowiem tę samą zdolność wykorzystywania różnych stopni utleniania w jednym przypadku Fe^{+2} i Fe^{+3}, w drugim Mn^{+2} i Mn^{+3}. Duża grupa bakterii siarkowych rzadziej pozostawiała jako produkt swego metabolizmu siarkę pierwiastkową, lecz na skutek dużej zawartości żelaza w środowisku prekambryjskim i redukcyjnych warunków częściej był to piryt. Ten typ mineralizacji wykazują stare piaski pirytowe z Witwatersand (44), wokół których toczyła się długa wymiana zdań co do występujących tam struktur bakteryjnych, przesądzona ostatecznie stanowiskiem Schidlowskiego (47). Wiek ich określa się na 2055 ± 150 mln lat. Nie potrafimy w tej chwili odpowiedzieć na pytanie, jaki udział miały bakterie krzemowe w odkładaniu krzemionki prekambryjskiego wieku. Bakterie te, odkryte przez Bassalika w Polsce, jako rozkładające sieć glinokrzemianów, wykazują, zdaje się, archaiczną interakcję biologiczną z naturalnymi glinokrzemianami. Należy przypuszczać, że w odległej przeszłości życia na Ziemi były one bardzo liczne i produkty ich metabolizmu w postaci amorficznej krzemionki wtórnie przekrystalizowanej można by postawić w równym rzędzie z hematytem, manganem, siarką i bakteriogennym pirytem.

Na odcinku skamieniałych glonów — i to sięgających daleko wstecz, bo 3,2 mld lat (48) — mamy więcej prac do odnotowania. Mimo to niewiele stosunkowo materiału opracowano i zidentyfikowano jako glony. Spirytyzowane znalezisko z późnego prekambru Kolorado podaje się jako problematyczne. Przeglądając zestaw prekambru światowego (27) bardzo często spotyka się jednak utwory pochodzenia glonowego. Czyżby więc geolodzy, nie znajdując innego wyjaśnienia tekstury niektórych skał, byli przekonani o biogennym charakterze osadów częściej niż mikropaleontologowie?

W problematyce glonów powtarza się sytuacja, którą stwierdziliśmy

dla bakterii — z braku dowodów strukturalnych przyjmuje się produkty metabolizmu jako miarodajne. Wapienne wydzieliny na podstawie pewnych prawidłowości strukturalnych zaliczono do stromatolitów. Biotyczność najstarszych stromatolitów z Rodezji, datowanych na 2,6 mld lat, została potwierdzona relacjami izotopowymi węgla oraz pewnymi szczegółami strukturalnymi rozmiarów mikroskopowych ⟨50⟩.

Nasz polski materiał z Gór Świętokrzyskich, wprawdzie nie prekambryjski, konfrontowany z materiałem światowym „niepokoi" zbieżnościami. Brekcja pirytowa z Łysej Góry ⟨52⟩ wykazuje na szlifach cienkich i zgładach utwory określane gdzie indziej jako spirytyzowane skupiska bakteryjne ⟨18⟩. W jednym wypadku stwierdzono niezidentyfikowany ślad fauny (ryc. 1).

Na marginesie zagadnień dotyczących stromatolitów warto przeanalizować pewne prawidłowości występujące w kambrze świętokrzyskim, mianowicie tzw. ślady deszczu na powierzchni kwarcytów. Z braku lepszego, choć nie wykluczonego, określenia zachowania śladów kropel deszczowych, ewentualnie drobnych wgłębień po wyługowanych konkrecjach, jak na Łysicy, gros materiału określa się jako bardzo charakterystyczne, ale jednocześnie zagadkowe. Interpretuje się te powierzchnie jako rezultat ekshalacji gazów powstałych z rozkładu substancji organicznej w świeżych jeszcze sedymentach. W takim razie należałoby głębsze nieco warstwy uważać za biogenne i z powodzeniem poszukiwać w nich resztek strukturalnych.

Zestawić należy kilka okoliczności orientacyjnych, o ile nie decydujących:

a) analogiczną sytuację uważa się za stromatolity, choć nie można podać organizmów wytwarzających te struktury,

b) powierzchnie określane jako deszczowe można też podzielić na pewne grupy strukturalne,

c) występują one na powierzchni płytkich utworów plażowych lub przybrzeżnych (najłatwiej stwierdzalne na Łysicy),

d) znamy bakterie z metabolizmem krzemowym, nie znamy tylko ich zmasowanego działania na podłoże,

e) znamy symbiozę glonów z porostami i działanie ich na podłoże krzemianowe, istnieje ponadto flora serpentynowa wyższych roślin,

f) stwierdzono istnienie grzybów trawiących podłoże krzemianowe, jak granit, bazalt, kwarcyt, przy odkładaniu amorficznej krzemionki ⟨60⟩,

g) prawidłowość powtarzających się form strukturalnych nie może być przypadkiem, wskazuje raczej na te same przyczyny przy typowym dla faktów biologicznych rozrzucie,

h) struktury wykazują strefowanie na niewielkich nawet powierzchniach, co wyklucza subtelne zróżnicowanie w ekshalacyjnym procesie,

i) okaz z Łysicy (ryc. 2) wskazuje, że przyczyna strukturyzacji wykorzystywała wcześniej powstałe utwory plażowe.

Duży materiał porównawczy z Gór Świętokrzyskich oraz wyżej wymienione okoliczności pozwalają przypuszczać, że chodzi o skutki trawienia krzemionkowego podłoża sedymentacyjnego przez organizmy typu glonów, grzybów lub bakterii żyjących w płytkich basenach strefy przybrzeżnej. Proponuje się określenie tych utworów nazwą *Silicopsorodia derepens*, czyli nadżerający liszaj krzemowy. *Silicopsorodia* odpowiada tym samym intencjom, co nazwa stromatolity dla wydzielin wapiennych nieznanych glonów w prekambrze.

Struktury biologiczne w stanie kopalnym, które nie mają wyraźnego odpowiednika wśród dziś żyjących form, nastręczają dużo trudności. Materiał kopalny stoi w prostej relacji komplikowania sprawy w miarę cofania się ku początkom życia i miniaturyzacji rozmiarów. Krytycznej ocenie artefaktów przyrody poświęca się więcej miejsca w paleontologii. W niektórych wypadkach można nawet wskazać przyczyny powstania lub sztucznie otrzymać kształty spotykane w przyrodzie, choć istnieją też badania przeciwnie ukierunkowane. Podjęto próby sztucznej fosylizacji glonów w krzemionce przy warunkach ciśnienia i temperatury zbliżonych do naturalnych dla prekambru. Wykazano dobre zachowanie struktur mimo przesycenia materii organicznej krzemionką i wtórnym jej wykrystalizowaniem (36).

Również większe jednostki morfologiczne w stanie kopalnym budzą zawsze wątpliwości, zwłaszcza jeżeli występują w utworach dotychczas uważanych za pozbawione skamieniałości. Na południowym zboczu Łysej Góry został znaleziony ciekawy fragment na powierzchni kambryjskiego kwarcytu, przypominający do złudzenia zarysy pleurów trylobita z rodzaju *Olenellus* kambru dolnego. Powstały one na skutek spękań i resztek sedymentacyjnych struktur (ryc. 3). Oryginał został złożony jako dar dla Muzeum Dokumentacji Geologicznej Instytutu Geologicznego w Warszawie (nr inw. 1190/II).

Pierwsze znaleziska budzą zwykle sceptycyzm, dopokąd zdecydowana liczebność form przy istnieniu dalszych kryteriów nie uzasadni organicznych możliwości. Historia odkrycia pierwszych skamieniałości, określanych jako archeocjaty z Łysej Góry, jest tu bardzo znamienna. Blisko 50 okazów z 1968 r. jeszcze nie stanowiło zdecydowanego kryterium organiczności. Należało sprawdzić dalsze możliwości „podaży" tutejszych warstw kambryjskich. Rok 1970 z dalszymi 908 okazami, a 1971 z ponad 2352 formami zadecydowały, że mamy do czynienia z autentycznymi skamieniałościami (ryc. 4).

Przy braku fauny przewodniej istnieje dalsza trudność systematycznego zakwalifikowania. Tysiące form pochodzi zapewne nie z jednej tyl-

ko warstwy, znajduje się je bowiem w pokruszonym materiale skalnym gołoborza na przestrzeni ponad 12 ha. W dodatku występują zapewne dwie różne fazy — starsza część fauny znajduje się w brekcji sedymentacyjnej, reszta z litego kwarcytu jest zapewne młodsza, o ile ten nie stanowi większych obrywów klifowego brzegu niszczonego przez fale.

Wstępne rozpoznanie przekonsultowane w Zakładzie Paleozoologii (Pracownia) PAN w Poznaniu wskazuje z dużym prawdopodobieństwem na archeocjaty z rodzaju *Archaeocyathellus* Ford 1873 (ryc. 5, 6) i *Anthomorpha* Born 1884, czyli archeocjaty koralopodobne, a może nawet wyższe jednostki systematyczne z gromady *Anthocyatea* Okulitch 1943 (ryc. 4, 7). Nie jest wykluczone, że występują tu prymitywne formy koralowców.

Na przykładzie Łysej Góry łatwo urobić sobie pogląd o trudnościach związanych z morfologiczną interpretacją nawet przy materiale sięgającym tysięcy egzemplarzy i wysoko uorganizowanym, jak archeocjaty czy koralowce, a co dopiero mówić o mikroskopijnych strukturach bakterii lub glonów.

Ile więc problemów nierozwiązanych musi kryć w sobie kształt wyrażający się w mikronach o prostym zarysie kulistym, pozbawiony struktur wewnętrznych, lub formy wydłużone albo o najelementarniejszych założeniach.

Teoria Oparina wytyczyła dwa kierunki doświadczalne — jeden to synteza organiczna in vitro, drugi to prace z chemii fizycznej nad koacerwatami. Widzieliśmy, w jakim stopniu wpłynął pierwszy kierunek na kompleks paleobiochemiczny, drugi — koacerwaty — obudził zwiększony krytycyzm wobec wszelkich struktur uchodzących za archaiczne. Logicznie interpretując zagadnienie, należy postawić pytanie — jeśli koacerwaty były pierwotną formą struktur organicznych, a obecnie otrzymujemy je w dowolnej ilości syntetycznie, czy wobec tego rzekome okazy kopalne dawnych form nie są również koacerwatami powstałymi w środowisku sedymentacyjnym, a nie strukturami bakteryjnymi czy należącymi do glonów? Interpretacja mikroskopijnych utworów jako form organicznych jest bez dodatkowych kryteriów wątpliwa. Nie wiadomo, czy kambryjski utwór z Łysej Góry zakwalifikować do koacerwatów czy do glonów (ryc. 8) oraz czy bardzo licznie występujące drobne agregaty żelaziste na Łysicy stanowią mikrokonkrecje czy też początek dały im glony.

„Kompleks morfologiczny" powiększają ponadto stwierdzone w meteorytach utwory chondrytowe, noszące wszelkie cechy morfologii „ziemskich glonów" oraz zagadkowe struktury księżycowe (zwane sferulitami). Zdawałoby się, że analiza chemiczna potrafi najłatwiej w skali ziemskiej rozstrzygnąć kompleks morfologiczny. Jeśli struktorom towa-

rzyszą związki organiczne, jest to niewątpliwy dokument biotyczności. W ziemskiej sytuacji rzeczywiście stosujemy to kryterium, dziwna tylko rzecz — w odniesieniu do meteorytów i gruntu księżycowego, nie jest sprawa w ten sposób interpretowana.

Kompleks chemiczny i morfologiczny ma wiele punktów zbieżnych i nie da się ich rozwiązać wzajemną konfrontacją ze wstępnymi stadiami życia bez milczącego odwołania się do obecnie żyjących form. Tymczasem takie traktowanie sprawy nie jest uzasadnione, ponieważ oba kompleksy nie stanowią zagadnień w skali wyłącznie planetarnej. Chodzi nie tylko o kosmochemię, w przestrzeniach międzygalaktycznych stwierdzamy bowiem coraz częściej występowanie układów stałych cząstek, a nie jedynie gazowych. Przynajmniej dla krzemu i grafitu jest to w tej chwili uzasadnione ⟨69⟩. Stały stan materii występuje zdaje się częściej we Wszechświecie, niż dotychczas przypuszczano. Widocznie całe zagadnienie sprowadza się nie tylko do morfologii i chemii. Może biologia molekularna w ewolucyjnym wariancie będzie tu miarodajna albo bioelektronika. A może dzisiejsze życie zawiera jakiś „kryptodokument" historycznej przeszłości, wszak jego ewolucja musi posiadać szczątkowo zachowane dowody.

3. RELIKTY BIOCHEMICZNE W OBECNYM ŻYCIU

Zdecydowanie, który z chemicznych elementów współczesnego życia jest reliktem na tle ogólnej jego organizacji rozwijającej się od miliardów lat, jest sprawą skomplikowaną. Zapewne będą to nieorganiczne szczegóły, które w kontraście z organiczną konstrukcją życia wydają się pierwotne i zaczerpnięte z archaicznego środowiska, a więc cały zestaw mineralny. Otwartym problemem pozostaje, czy życie powoli rugowało nieorganiczną swą treść, zastępując ją z biegiem czasu związkami węglowymi, czy też powstało jako „czysto" organiczne i wtórnie „zanieczyściło się" nieorganicznymi dodatkami. Pierwsza ewentualność wydaje się słuszniejsza, gdyż katalityczne działanie wodorotlenków metali istniało w środowisku wodnym od samego początku, a obecnie składnik mineralny jest czynnikiem aktywującym biokatalityczne działanie enzymów.

A. Układ Si-Ca, zauważony już dawniej przez fizjologów, znalazł swe ewolucyjne potwierdzenie jako antagonistyczna sytuacja mineralna, uzasadniona filogenetycznie i ontogenetycznie. Zespół Si-Ca stanie się prawdopodobnie najbardziej interesującym zagadnieniem mineralnych zależności w protożywych organizmach ⟨53⟩.

Niewiele potrafimy powiedzieć, w jakiej formie występuje krzem w żywym układzie. Największa jest możliwość jego związków z cukrow-

cami, ściśle z galaktozą, również z celulozą, oraz związki kompleksowe z katecholem, eterami, amidami, trójetylofosforanem i czteroetylomocznikiem ⟨59⟩. Notuje się też otrzymanie związków kompleksowych krzemu z etioporfiryną ⟨8⟩. Duże podejrzenie budzą mukopolisacharydy, choć, o ile wiadomo, nie podjęto w tym kierunku badań.

B. Metale. „Domieszkowe atomy" metaliczne w organicznych związkach można podzielić na dwie grupy, a więc wyróżniony przez Florkina ⟨12⟩ zespół $\frac{Na + K}{Ca + Mg}$ o ewolucyjnym charakterze oraz metale wchodzące jako atomy w kompleksy typu porfiryn (Fe, Cu, Mn, Ni, Co, V), czyli metale odznaczające się zdolnością różnego stanu utlenienia (przenośniki elektronów). Podobną rolę spełnia magnez w chlorofilu. Nie jest rozstrzygnięte częste występowanie kompleksu porfirynowego z wanadem i niklem w kopalnym kerogenie najdawniejszych okresów geologicznych. Przypuszcza się, że albo jest to wynikiem większego zapotrzebowania wanadu u dawnych form organicznych, czego pozostałością są dziś sinice i *Holothurioidea*, albo jest to najtrwalsza forma organometalicznego wiązania.

Wanad jest obecny w tkankach zwierząt i roślin, choć nie można podać dowodu na jego fizjologiczną konieczność. Tę stwierdzono dotychczas dla *Aspergillus niger* i dla glonu *Scenedesmus obliquus* oraz niektórych bakterii, jak *Azotobacter*. W doświadczeniu wykazano również wpływ wanadu na wzrost u szczurów utrzymywanych na diecie bezaminokwasowej ⟨51⟩. Dla niklu nie znajdujemy nawet sugestii.

Zdaje się, że mamy do czynienia ze zredukowaną funkcją nieorganicznych katalizatorów, gdzie aktywne atomy na wodorotlenkowych nośnikach zostały podczas historii życia ujęte w pierścienie organicznych związków, czyli uległy chelatyzacji. Calvin wyjaśnia to na przykładzie hemu ⟨9⟩; grupy OH^- ułożone w jednej płaszczyźnie zostały wymienione na pierścienie pirolowe, a może tylko w nie rozbudowane. Pozostały nawet dwie drobiny wody w hemie z dawnego modelu wodorotlenku żelaza (ryc. 9).

Życie nie zyskało na intensywności procesów enzymatycznych dzięki temu, nieorganiczne bowiem katalizatory, jak wykazały polskie badania Krausego, są często dużo sprawniejsze niż enzymy. Życie po prostu uczyniło system katalityczny z nieorganicznego organicznym, przenosząc aktywne atomy metali do grupy prostetycznej lub czyniąc z nich wprost grupę prostetyczną w enzymach. W każdym razie sprawa nieorganicznych reliktów dojrzała do stadium wyodrębniania nieorganicznej biochemii, jak to określa Weser ⟨67⟩.

C. Wahadło oksydoredukcyjne. Potencjały oksydoredukcyjne stanowią jedno z najpospolitszych źródeł energetycznych środo-

wiska chemicznego. Potencjał ten może być warunkowany atomem o różnych stanach zjonizowania, a więc wielowartościowym, lub drobinami o takich samych zdolnościach jonizacyjnych lub amfoterami, czyli drobinami o dwu możliwych stanach — donorowym i akceptorowym.

Życie rozwinęło to zagadnienie na gruncie amfoterycznej drobiny białka, rozgrywając potencjał oksydoredukcyjny niejako na sobie, posiada bowiem grupę akceptorową NH_2 i donorową OH. Przesuwania fazy oksydacyjnej w redukcyjną i odwrotnie dokonuje życie na zasadzie katabolicznego zwalniania elektronów, głównie z tłuszczów i węglowodanów. Kontrfazą jest anabolizm, czyli wiązanie energii w nowe układy chemiczne.

Usprawnienie życia polegało na wykorzystaniu odwiecznych potencjałów oksydoredukcyjnych, istniejących w nieorganicznym środowisku i „przerzuceniu" ich na amfoteryczną drobinę białka oraz częściowym przynajmniej — ale koniecznym — czerpaniu energii z rozkładu wytworzonych przez siebie związków cukrowych i lipidowych. Podstawowy jednak proces oksydoreukcyjny został zaczerpnięty ze świata nieorganicznego, przesłonięty rytmiką anaboliczno-kataboliczną o cechach niewygasającej pulsacji dzięki sprzężeniu elektronicznych zjawisk donorowo-akceptorowych z reakcjami chemicznymi metabolizmu ⟨57⟩.

Badania biologiczne nie szły dotychczas w kierunku wynajdywania nieorganicznych reliktów w obecnej naturze życia, prawdopodobnie kompleks paleobiochemiczny zmusi nas do zajęcia się tym zagadnieniem w poszukiwaniu ziemskich „pasów startowych" dla powstania życia o wszędobylskiej w kosmosie substancji organicznej.

4. RELIKTY BIOFIZYCZNE

A. Biofizyczne relikty ujawniły się w badaniach zupełnie inaczej ukierunkowanych; z jednej strony poszukiwano czynnika powodującego krzemicę płuc i stwierdzono chemiczne powinowactwo białka do krystalicznego kwarcu, z drugiej znów usiłowano znaleźć przyczynę optycznej czynności dla związków biotycznego pochodzenia. Uwaga krystalografów skierowała się ku lewoskrętnemu kwarcowi lub wprost do adsorpcji aminokwasów na glinokrzemianach typu montmorylonitu. Trzeci kierunek, niejako sprawdzający poprzednie, można wyodrębnić w badaniach nad wpływem substratu na powierzchnie epitaksjalne, przekazujące zarówno cechy krystalograficzne, jak i optyczne.

Tak narodziła się koncepcja matrycy dla związków organicznych. Przypuszczenia kierują się nie tylko ku glinokrzemianom, poszerzają się o pewne wyjściowe substancje organiczne, choćby typu melanin ⟨5⟩

Bardziej prawdopodobne byłoby tu proste białko — ferrodoksyna. Ferrodoksyna jest metaloproteinowym kompleksem o niewielkim ciężarze drobinowym 6 000 do 12 000, zawierającym 2—8 atomów żelaza i odpowiednią ilość nieorganicznej siarki, przenoszącym elektrony przy niskich potencjałach redoksowych —300 do —500 mV przy pH 7 ⟨19⟩.

Ferrodoksyna może być ponadto reliktem nie tylko biochemicznym z fazy przejścia od anaerobowego do aerobowego życia, lecz również reliktem mineralnym Fe-S albo też starym dokumentem ewolucji bioelektronicznej.

Zakłada się istnienie reliktów biofizycznych zaczerpniętych z mineralnego praśrodowiska. Chodziłoby głównie o heksagonalną sieć realizowaną często w układach biologicznych. Jacobson wykazał analogie krystalochemiczne między kwasami nukleinowymi i wodą ⟨24⟩. Powinowactwo białka do kwarcu miałoby też charakter krystalochemiczny. W szeregu analogii znalazły się — białko, krzemionka i woda. Dwa ostatnie człony są podstawowe w startowym środowisku życia. Tu warto przypomnieć, że polimeryzacja aminokwasów dokonuje się w taki sam sposób jak kondensacja kwasów krzemowych — przez odszczepienie drobiny wody.

Istnieją więc dane świadczące, że przestrzenne uporządkowanie białek nie jest oryginalną „zdobyczą" życia, lecz zostało zaczerpnięte z podłoża glinokrzemianowego oraz wodnego, stanowiącego podstawową i główną masę środowiska dla powstającego życia. Przy tym można dodać, że helikonalna struktura białek ma swój uprzednik w śrubowym ułożeniu tetraedrów SiO_4 w krzemionce.

B. Relikty funkcjonalne elektronicznej natury stanowią zupełną nowość w zagadnieniu, możliwą do rozwiązania na gruncie bioelektroniki. Trzeba było czekać na rozwój fizyki półprzewodników, elektroniki ciała stałego, żeby wykazać półprzewodnictwo białek, kwasów nukleinowych, wielu cukrowców oraz tkanek zwierzęcych i roślinnych. Procesy kwantowe w bioluminescencji i elektromagnetyczna teoria życia ⟨55⟩ pozwalają sięgać po ewentualne relikty funkcjonalne w obecnych mechanizmach życia, po relikty nie mechaniczne, lecz elektroniczne.

Problem należałoby tak ustawić: czy białko powstałe na drodze ewolucji fizykochemicznej nabyło cechy półprzewodnictwa od starszego podłoża nieorganicznego, czy też samorzutnie wyrobiło w sobie te właściwości? Jeśli poważnie traktuje się sprawę matrycy dla białka odnośnie do struktury i optycznej czynności, to konsekwentnie przyjąć trzeba, że cechy elektryczne zostały również wzięte z nieorganicznego podłoża, które było półprzewodnikiem. Odnosi się to właśnie do podstawowego materiału środowiskowego, jak kwarc, glinokrzemiany i woda. Należałoby

tylko udowodnić „przekazywalność" półprzewodnictwa z nieorganicznego substratu na związki białkowe. W fizyce półprzewodników rozważa się analogiczne sytuacje na styku metalu z półprzewodnikiem oraz dielektryka z półprzewodnikiem. Nie wnikając w szczegółowy opis zjawisk, trzeba stwierdzić, że w obu wypadkach powstaje złącze typu p-n, warstwa zewnętrzna metalu przyjmuje charakter dodatni, w półprzewodniku gromadzi się warstwa ładunków ujemnych. Dielektryk natomiast zwalnia ładunki przeciwne do donorowego czy akceptorowego charakteru półprzewodnika. W obu wypadkach metal i dielektryk zachowują się na płaszczyźnie styku jak drugi półprzewodnik. W każdym więc wypadku zaadsorbowane na powierzchni nieorganicznego półprzewodnika protobiałko przybierało — przynajmniej w monomolekularnej warstwie — cechy półprzewodzące.

Przekazywalność półprzewodnictwa z nieorganicznego substratu na białko jest uzasadniona i faktycznie miała miejsce, co przy procesach metabolicznych i produkcji nowych drobin zostało utrwalone jako cecha korzystna dla funkcjonowania życia. Dużo istotniejsza niż temperatura, wilgotność, ciśnienie — jest zależność półprzewodzącego organizmu od relacji „na styk" z nieorganicznym półprzewodnikiem skalnym, glebowym, wodnym lub powietrzem. Indukowanie półprzewodzących cech w białku dokonuje się niejako ciągle na powierzchni granicznej układu biologicznego ze środowiskiem. Tego momentu zdaje się rozpatrywano dotychczas w biologii w ogóle, a jest on przecież kluczem ewolucyjnym dla półprzewodzących cech stwierdzanych w dzisiejszym białku.

Ta startowa sytuacja w historii rozwojowej białka na Ziemi jest nie tylko elektronicznym przeznaczeniem natury życia, ale konsekwencją rozwijaną przez układy biologiczne aż do wytworzenia struktur takich, jak mitochondria, chloroplasty, błony organiczne, aparat Golgiego itp., które dziwnie harmonizują z rozwiązaniami techniki elektronicznej ⟨58⟩.

Procesy elektroniczne są wspólne dla materii Wszechświata. Czy wobec tego faza „zaczerpnięcia" półprzewodnictwa przez białka na nieorganicznym podłożu dokonała się tylko w ziemskich warunkach czy mogła też znaleźć miejsce w meteorytach jako szczątkach domniemanej planety, w masie księżycowej? Jeśli tak, to problem pozostaje dalej kosmiczny, a nie planetarny, czyli ziemski.

Przykładowo wybrano kilka narzucających się reliktów, być może nie najbardziej typowych. Mają one jedynie ilustrować istnienie szczątkowych cech natury chemicznej, strukturalnej czy funkcjonalnej, rzutujących na historię rozwojową życia.

Wydaje się, że oryginalnym „pomysłem" życia jest zsynchronizowanie reakcji chemicznych z procesami elektronicznymi. Tego kompleksu



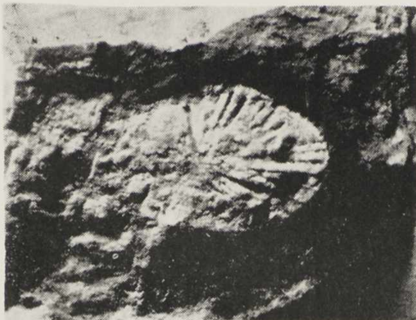
Ryc. 1. Nie zidentyfikowany ślad fauny w brekcji pirytowej z Łysej Góry. Powiększ. ×50. Światło przechodzące. Kambr



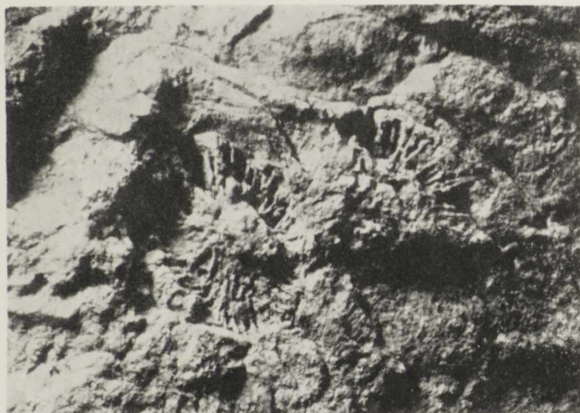
Ryc. 2. *Silicopsorodia derepens*, czyli krzemowy liszaj nadżerający na kwarcycie z Łysicy. 1/4 wielkości naturalnej. Kambr



Ryc. 3. Struktura na powierzchni piaskowca kwarcytowego przypominająca pleury trylobita z rodzaju *Olenellus*. Łysa Góra. Kambr. Wielkość naturalna



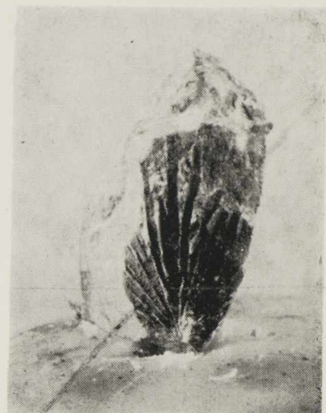
Ryc. 4. Fauna archeocjatowa z Łysej Góry. Wielkość naturalna



Ryc. 5. Dwa okazy *Archaeocyathellus sp.* z brekcji południowego zbocza Łysej Góry. Nieco zmniejszone



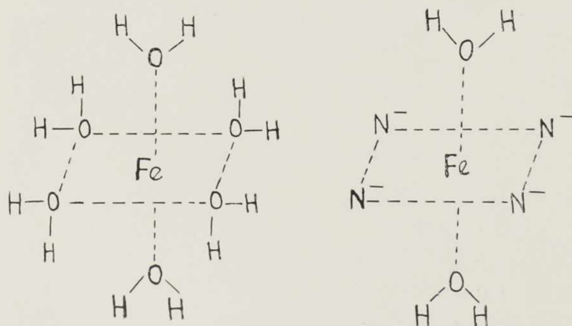
Ryc. 6. Fragment *Archaeocyathellus sp.* z Łysej Góry. Wielkość naturalna



Ryc. 7. Część archeocjata koralopodobnego z Łysej Góry. Nieco zwiększony



Ryc. 8. Glony lub koacerwaty z kambryjskiego środowiska sedymentacyjnego. Piaskowiec. Łysa Góra. Wielkość naturalna



Ryc. 9. Schemat przejścia wodorotlenku żelaza w hem w/g Calvina ⟨9⟩. Trochę zmodyfikowany

nie potrafilibyśmy jeszcze rozstrzygnąć; czy jest ziemski i zupełnie specyficzny dla życia, czy też powtarza się w pewnym wariancie na tych samych założeniach w innych rejonach kosmosu. W tym punkcie węzłowym problemu trzeba, zdaje się, szukać rozwiązań — w tej chwili niemożliwych.

Rozwiązania nabrzmiałych kompleksów — chemicznego i morfologicznego — będzie można dokonać po uprzednim rozszyfrowaniu kompleksu bioelektronicznego, ujmowanego od strony zarówno funkcjonalnej, jak i strukturalnej.

Paleobiochemia nie obejdzie się wobec tego bez paleobiofizyki, ale tę należy dopiero montować, nie istnieje ona bowiem. Przypuszczalny zarys będzie taki, jak tu przedstawiono. Ścisłe zespolenie metabolizmu z procesami elektronicznymi nie pozwala już na analizowanie kerogenu wyłącznie według klasycznych metod identyfikacji chemicznego składu, choćby nawet były one najnowocześniejsze. Stwierdzamy wtedy jedynie występowanie związków organicznych typowych dla obecnego życia: meteorytów, księżyca, przestrzeni międzygalaktycznych — czyli nic praktycznie dla biologii historycznej.

5. PALEOBIOCHEMICZNE ALTERNATYWY

Paleobiochemia znalazła się w niezwykle intrygującej umysł badacza sytuacji. Przestaje być nauką o profilu chemicznym z analitycznymi wynikami ujmowanymi w parametrze czasu geologicznego, ale eksperymentuje. Istnieje już laboratoryjna „morfologia" w postaci produkcji koacerwatów oraz próby otrzymywania skamieniałości w skróconym czasie ⟨36⟩. Uprawiamy również laboratoryjną „paleobiochemię" w postaci syntezy in vitro przy założeniu prekambryjskich warunków. Dokonujemy sztucznej diagenezy sedymentów i skamieniałości, powtarzając proces w pracowni ⟨71⟩, nie zapominając przy tym o poszukiwaniu nowych metod diagnostycznych materiału kopalnego, choćby w postaci śledzenia skamieniałych struktur miękkich części organizmu z dolnego i środkowego dewonu przy użyciu techniki promieni rentgenowskich ⟨61⟩.

Ruchliwość na froncie paleobiochemicznym dowodzi narastających problemów trudnych do rozwiązania, a jednocześnie koniecznych.

Problematyka paleobiochemiczna stawia nas w sytuacji zdecydowania się na ryzykowny jeszcze w tej chwili wybór — przejść z paleobiochemii do kosmochemii i tam szukać rozwiązań uznających strukturalne formy meteorytowe i księżycowe za quasi-biologiczne lub parabiologiczne z ziemskimi albo poszukiwać dla związków organicznych kosmicznego pochodzenia kryteriów biologicznego zróżnicowania w ziemskich wa-

runkach aż do wytworzenia dzisiejszych form. W tym drugim wyborze trzeba się będzie pozbyć pewnych wzorców myślenia o biopoezie i warunkach dla protobiologicznych układów. Mowa o znaczeniu temperatury, tlenu, wody, ciśnienia dla rozwoju życia jest w dzisiejszej oprawie wiadomości uproszczeniem sytuacji wobec elektronicznych cech życia i występujących tam czynników.

Rewizji trzeba będzie poddać dotychczas przyjmowaną „hydrogenezę" życia, a w związku z tym poszukiwanie resztek biotycznych wyłącznie w skałach osadowych. W prekambryjskim systemie Nama w Południowo-Zachodniej Afryce stwierdzono diabazową dajkę, a w niej bezbarwny kwarc o kryształach powyżej 10 cm długości, w nim zaś inkluzję rzędu 0,1 do 5 mm substancji organicznej, morfologicznie podobnej do prymitywnych organizmów. Interpretuje się ją pochodzeniem hydrotermalnym, a nie jako wtórne zanieczyszczenie substancją organiczną pochodzenia sedymetacyjnego z pobliskich formacji ⟨32⟩. Przypuszczenie o starszej syntezie geochemicznej związków organicznych niż powstanie skał osadowych zostało więc poparte rzeczowymi dowodami.

Nie wiemy dokładnie, jakiego typu jest materiał skalny meteorytów i gruntu księżycowego. Wiemy natomiast, że zawiera on struktury zbliżone do biotycznych. Zostało to potwierdzone „chemicznie" — występującymi związkami organicznymi. A może rzeczywiście kryterium odróżniające będzie stanowiło „wodne" pochodzenie struktur, wszak koacerwaty tworzą się w takim środowisku. Skąd wobec tego analogie chondrytowe i sferoidów księżycowych? Z drugiej znów strony nabywanie cech elektronicznych nie obywałoby się bez udziału wody, jak i sama polimeryzacja aminokwasów, dokonująca się przez odszczepienie drobiny wody.

Ponieważ stoimy na stanowisku ziemskiego endemizmu życia, nie wykluczając zresztą jego istnienia gdzie indziej, pozostaje drugi wariant badań — czynniki różnicujące związki organiczne abiotycznego pochodzenia w układy ożywione, czyli kształtujące strukturę i funkcjonalność paralelną i zgodną w fazie chemicznej oraz elektronicznej.

Przygotowaniem do tego zadania był kierunek biologii teoretycznej zapoczątkowany przez Szent-Gyorgyi'ego, a kontynuowany w pracach precyzujących coraz bardziej elektromagnetyczną naturą życia ⟨55⟩, stwarzające laserujące i bioplazmowe podstawy układów biologicznych ⟨54⟩. Analiza elektronicznych procesów życiowych i zespolenie ich z metabolizmem przyczyniły się do postawienia problemu paleobiochemicznego z perspektywami jeśli nie rozwiązania, to przynajmniej ukierunkowania badań. A to w zespole narastających sprzeczności i gwałtownego poszerzania problematyki jest konieczne.

Z punktu poznania natury życia badania nad pierwotnymi stadiami

są podstawowe dla zrozumienia ewolucji biochemicznej i biofizycznej w pobliżu startu oraz zawiązanych wtedy mechanizmów konsekwetnie przekazywanych przez miliardy lat, a więc bez precedensu w przyrodzie. Niemniej ważna będzie ekologia „elektroniczna" uwarunkowana bardzo starymi relacjami między organizmem a środowiskiem w ujęciu, o którym była mowa wyżej. Nie trzeba dodawać, że ewentualna synteza życia in vitro nie dokona się prawdopodobnie w probówce według klasycznych wzorów, lecz w plazmie ciała stałego, czyli w półprzewodniku.

BIBLIOGRAFIA

Wykaz skrótów: ANY — Annales New York Academy of Science 1957. Vol. 69; ESS — International Series of Monographs on Earth Sciences. Organic Geochemistry. No. 16. Pergamon Press. Oxford—New York—Paris 1963; OGC — Organic Geochemistry. Methods and Results. Ed. G. Eglington, M. T. Murphy. Springer. Berlin—Heidelberg—New York 1969; PSF — The Origin of Prebiological Systems and the Molecular Matrices. Ed. S. W. Fox. Academic Press. New York—London 1965.

1. Abelson P. R.: Some Aspects of Paleobiochemistry. ANY 1957 s. 276.
2. Baker E. W.: Porphyrins. OGC s. 464.
3. Bergmann W.: Geochemistry of Lipids. ESS s. 503.
4. Bernal J. D.: The Origin of Life. Weidenfeld a. Nicolson. London 1969.
5. Bernal J. D.: Molecular Matrices for Living Systems. PSF 1965 s. 65.
6. Blum H. F.: Time's Arrow and Evolution. Princeton University Press 1955.
7. Buhl D.: Chemical Constituents of Interstellar Clouds. „Nature" Vol. 234: 1971 s. 332.
8. Burlingame A. L., Schnoes H. K.: Mass Spectrometry in Organic Geochemistry. OGC 1969 s. 89.
9. Calvin M.: Die chemische Evolution und der Ursprung des Lebens. „Naturwissenschaften" Bd. 43: 1956 s. 387.
10. Dawiditaszwili L. S.: Prycziny wymiranija organizmow. „Nauka" Moskwa 1969.
11. Eskola P.: Die metamorphen Gesteine. In: C. W. Correns (Ed.). Die Entstehung der Gesteine. Springer. Berlin—Heidelberg—New York 1970.
12. Florkin M.: Biochemical Evolution. Academic Press. New York 1949.
13. Folsome C. E., Lawless Y., Romiez M., Ponnamperuma C.: Heterocyclic Compounds indigenous to the Murchison Meteorite. „Nature" Vol. 232: 1971 s. 108.
14. Forsman J. P.: Geochemistry of Kerogen. ESS s. 148.
15. Friedmann N., Miller S. L.: Phenylalanine and Tyrosine Synthesis under Primitive Earth Conditions. „Science" Vol. 166: 1969 s. 766.
16. Friedmann N., Miller S. L., Sanchez R. A.: Primitive Earth Synthesis of Nicotinic Acid Derivatives. „Science" Vol. 171: 1971 s. 1026.
17. Govett G. J.: Origin of Banded Iron Formations. „Geological Society of America Bulletin" Vol. 77: 1966 s. 1191.

18. G u t s t a d t A. M., S c h o p f J. W.: Possible Algal Microfossils from the Late Pre-Cambrian of California. „Nature" Vol. 223: 1969 s. 165.
19. H a l l D. O., C a r m a c k R., R a o K. K.: Role of Ferrodoxine in the Origin of Life and Biological Evolution. „Nature" Vol. 233: 1971 s. 136.
20. H a n J., C a l v i n M.: Occurence of Fatty Acids and Aliphatic Hydrocarbons in a 3, 4 Billion-year-old Sediment. „Nature" Vol. 224: 1969 s. 576.
21. H a r a d a K., F o x S. W.: The Thermal Synthesis of Amino Acids from a Hypothetical Primitive Terrestial Atmosphere. PSF 1965 s. 187.
22. H a r d e r H.: Illit- und Montmorillonit Synthese bei niedrigen Temperaturen. „Naturwissenschaften" Bd. 56: 1969 s. 279.
23. H a r e P. E.: Geochemistry of Proteins, Peptides and Amino Acids. OGC s. 438.
24. J a c o b s o n B.: Hydration Structure of Desoxyribonucleic Acid and its Physico-Chemical Properties. „Nature" Vol. 172: 1953 s. 666.
25. K u c h o w i c z B.: Początki kosmochemii organicznej. „Postępy Astronomii" T. 19: 1971 s. 299.
26. L i n a r e s J., H u e r t a s F.: Kaolinite: Synthesis at Room Temperature. „Science" Vol. 171: 1971 s. 896.
27. L o t z e F., S c h m i d t K. (Ed.): Präkambrium. Enke. T. 1. Stuttgart 1966; T. 2. Stuttgart 1968.
28. L o v e L.: Further Studies on Micro-Organisms and the Presence of Syngenetic Pyrite „Palaentology" Vol. 5: 1962 s. 444.
29. M a c k e n z i e F. T., G e e s R.: Quartz: Synthesis at Earth-Surface Conditions. „Science" Vol. 173: 1971 s. 533.
30. M a r s h a l G. A., M a y J. W., P e r r e t C. J.: Fossil Microorganisms: Possible Presence in Precambrian Shield of Western Australia. „Science" Vol. 144: 1964 s. 290.
31. M i l l e r S. L.: The Formation of Organic Compounds on the Primitive Earth. ANY 1957 s. 260.
32. M u e l l e r G.: Organic Microspheres from the Precambrian of South-West Africa. „Nature" Vol. 235: 1972 s. 90.
33. N a g y B., D r e w C. M., H a m i l t o n P. B., M o d z e l e s k i V. E., M u r p h y S. M., S c o t t W. M., Y o u n g M.: Organic Compounds in Lunar Samples: Pyrolisis Products, Hydrocarbons, Amino Acids. „Science" Vol. 167: 1970 s. 770.
34. N a g y B., M o d z e l e s k i V. E., M o h a m m a d M. A., N a g y L. A., S c o t t W. M., D r e w C. M., T h o m a s J. E., H a m i l t o n P. B., U r e y H. C.: Carbon Compounds in Apollo 12 Lunar Samples. „Nature" Vol. 232: 1971 s. 94.
35. O b e r l i e s F., P r a s h n o w s k y A. A.: Biogeochemische und elektronenmikroskopische Untersuchungen präkambrischer Gesteine. „Naturwissenschaften" Bd. 55: 1968 s. 25.
36. O e h l e r J. H., S c h o p f J. W.: Artificial Microfossils: Experimental Studies of Permineralization of Blue-Green Algae in Silica. „Science" Vol. 174: 1971 s. 1229.
37. O r ó J.: Stages and Mechanisms of Prebiological Organic Synthesis. PSF 1965 s. 137.
38. O r ó J., G i b e r t J., L i c h t e n s t e i n H., W i k s t r o m S., F l o r y D. A.: Amino-acids, Aliphatic and Aromatic Hydrocarbons in the Murchison Meteorite. „Nature" Vol. 230: 1971 s. 105.

39. Paecht-Horowitz M., Berger J., Katchalsky A.: Prebiotic Synthesis of Polypeptides by Heterogenous Polycondensation of Amino-acid Adenylates. „Nature" Vol. 228: 1970 s. 636.
40. Perry E. C., Monster J., Reimer T.: Sulfur Isotopes in Swaziland System Barites and the Evolution of the Earth's Atmosphere. „Science" Vol. 171: 1971 s. 1015.
41. Ponnamperuma C.: Abiological Synthesis of Some Nucleic Acid Constituents. PSF 1965 s. 221.
42. Prashnowsky A. A.: Paläobiogeochemische Untersuchungen an Sedimenten, floristischen und faunistischen Resten verschiedenen Alters. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie. Abhandlungen. Vol. 118: 1963 nr 2 s. 135.
43. Rabek T. I.: Teoretyczne podstawy syntezy polielektrolitów i wymieniaczy jonowych. Warszawa 1960.
44. Ramdohr P.: Die Uran- und Goldlagerstätten Witwatersand — Blind River Distric — Dominion Reef — Serra de Jacobina: Erzmikroskopische Untersuchungen und ein geologischer Vergleich. Abhandlungen der Deutschen Akademie der Wissenschaften. Nr 5. Berlin 1958.
45. Rank D. M., Townes C. H., Welch W. J.: Interstellar Molecules and Dense Clouds. „Science" Vol. 174: 1971 s. 1083.
46. Rankama E.: New Evidence of the Origin of Pre-Cambrian Carbon. „Bulletin of the Geological Society of America" Vol. 59: 1948 s. 389.
47. Schidlowski M.: Zellular strukturierte Elemente aus dem Präkambrium des Witwatersand-System (Südafrika). „Zeitschrift deutscher geologischer Gesellschaft" Bd 115: 1966 s. 783.
48. Schopf J. W., Barghoorn E. S.: Algal-Like Fossils from the Early Precambrian of South Africa. „Science" Vol. 156: 1967 s. 508.
49. Schopf J. W., Barghoorn E. S., Maser M. D., Gordon R. O.: Electron Microscopy of Fossil Bacteria Two Billion Years Old. „Science" Vol. 1949: 1965 s. 1365.
50. Schopf J. W., Oehler D. Z., Horodyski R. J., Kvenvolden K. A.: Biogenicity and Significance of the Oldest known Stromatolites. „Journal of Paleontology" Vol. 45: 1971 s. 477.
51. Schwarz K., Milne D. B.: Growth Effects of Vanadium in the Rat. „Science" Vol. 174: 1971 s. 426.
52. Sedlak W.: Występowanie pirytu na Łysej Górze. „Przegląd Geologiczny" 1963 nr 9 s. 430.
53. Sedlak W.: Rola krzemu w ewolucji biochemicznej życia. Warszawa 1967.
54. Sedlak W.: Plazma fizyczna i laserowe efekty w układach biologicznych. „Kosmos" A. 1970 nr 19 s. 143.
55. Sedlak W.: Wstęp do elektromagnetycznej teorii życia. „Roczniki Filozoficzne" T. 18: 1970 z. 3 s. 101.
56. Sedlak W.: Paleobiochemia. U źródeł nowej nauki. Warszawa 1973.
57. Sedlak W.: Plazma fizyczna jako podstawa bioenergetyki. „Roczniki Filozoficzne" T. 20: 1972 z. 3 s. 125.
58. Sedlak W.: Laserowe procesy biologiczne. „Kosmos" A. 1972 nr 5 s. 533.
59. Siever R.: Organic Geochemistry of Silica. ESS 1963 s. 579.
60. Silverman M. P., Muncz E. F.: Fungal Attack in Rock: Solubilization and Altered Infrared Spectra. „Science" Vol. 169: 1970 s. 985.
61. Stuermer W.: Soft Parts of Cephalopods and Trilobites: Some Surprising

Results of X-ray Examinations of Devonian Slates. „Science" Vol. 170: 1970 s. 1300.
62. Swain F. M.: Fossil Carbohydrates. OGC s. 374.
63. Szewyrew A. A.: Problemy proischożdenija ranniekembrijskoj fauny. „Paleontołogiczeskij Żurnal" 1962 nr 4 s. 43.
64. Szmidt O.: Cztery wykłady o teorii pochodzenia Ziemi. Tłum. z ros. Warszawa 1952.
65. Tapiero C. M., Nagyvary J.: Prebiotic Formation of Cystidine Nucleotides. „Nature" Vol. 231: 1971 s. 42.
66. Thorstenson D. C., Mackenzie F. T.: Experimental Decomposition of Algae in Seewater and Early Diagenesis. „Nature" Vol. 234: 1971 s. 543.
67. Weser U.: Anorganische Biochemie. „Naturwissenschaften" Bd. 56: 1969 s. 506.
68. Wetheril C. W.: Age of the Base of the Cambrian. „Nature" Vol. 187: 1960 s. 506.
69. Wickramasinghe N. C.: Interstellar Polarization by Graphite-Silicate Grain Mixtures. „Nature" Vol. 224: 1969 s. 656.
70. Winkler S.: Die Stärke als Ionenaustauscher. Parey Verlag. Berlin—Hamburg 1971.
71. Wollin G., Ericson D. B.: Amino-acid Synthesis from Gases detected in Interstellar Space. „Nature" Vol. 233: 1971 s. 615.

PALEOBIOCHEMICAL PROBLEMS OF THE EARLY PHASES OF LIFE

Summary

Fossil organic compounds, called kerogen, together with rare morphological remnants of precambrian, interpreted as bacteria and algae, constitute the chemical and morphological complexes of the early phases of life on the earth. Both of them have not been solved.

Chemical complex. The presence in kerogen of aminoacids, lipids, carbohydrates, carotenoids, porphyrins in the light of in vitro synthesis (Miller, Calvin, Fox, Ponnamperuma), the presence of organic compounds in intergalactic space (Buhl), meteorite and lunar ground suggest that organic compounds are not endemic for the life on the earth. The "geochemical" synthesis in the process of diagenesis of sediments is not excluded. Alumosilicates quicken the processes in a certain pressure, temperature and geoelectrical potential. A reverse situation is also possible — organic compounds act as catalysts in the occurrence of kaolinite and montmorillonite (Harder) and crystallization of quartz in low temperature (Mackenzie). The binding of Na, K, Ca, Mg through amylopectin from starch has been stated. The author illustrated the paleobiochemical difficulties on the example of cambrian kerogen of Góry Świętokrzyskie (Holy Cross Mts.).

Morphological complex. The oldest remnants in the structure ascribed to bacteria and algae are identified through an analogy with forms existent today. Coacervates, chondrites and lunar spherulites and silicates as well as graphite present in cosmic space (Wickramasinghe) present the main interpretatory difficulties for structural precambrian remnants, and also cambrian ones (Fig. 1, 2, 9). However, huge resources of banded formations of haematite — quartzite of pre-

cambrian and stromatolites are explained as the mineral remnants of algae and bacteria metabolism. The author points to the necessity of differentiating the silicates of bacteria origin, Silicate bacteria discovered by Bassalik decompose the net of alumosilicates. Structural surfaces of Świętokrzyskie quarzite, interpreted as "traces of rain", present some regularities and may have as their basis the action of bacteria, algae, and fungus in the silicate ground (Silverman). The author proposes to call such surface — *Silicopsorodia derepens* (Fig. 3).

Not lesser difficulties appear in the case of the existence of several thousands of fossils of consedimental breccia in Łysa Góra (breccia dating from the middle cambrian contained fauna of an older origin (Fig. 5, 6, 7, 8). Perhaps archeociates are of concern. The explanation of the chemical and morphological complexes of the early precambrian may be done on the basis of the biochemical and biophysical relicts in the present nature of life.

Biophysical and biochemical remnants. The first of them consists of Si-Ca relation evolutionally conditioned (Sedlak). "Admixture" metals like Fe, Cu, Co, Ni, Mn, V, nonorganic superferments and oxidoreductive are certainly the traces of chemical past of life still coming from nonorganic substratum, the trace included in organic compounds of protein type.

Biophysical relicts may be discussed structurally or functionally. To the first group belong crystallochemical spacial net of protein and nuclein acids correlated with the structural net of water and silicates (Jacobson). Through functional relicts we understand the optic activity and semiconduction of albumina, carbohydrates and nuclein acids (Sedlak). The last feature has been acquired by all the tissues of animals and plants in the course of evolution together with the piezoelectric effect. Electronic basis of the function described together with metabolism are typical of the earth. Biochemical and biophysical relicts provide evidence for nonorganic beginnings of life, then developing the two processes on the basis of organic compounds. These could have occurred earlier in abiotic synthesis. The examination of epitaxial conveying of optical action and samiconduction may constitute the proper basis for matrix conception. Paleobiochemical solvations should be looked for in paleophysics and its bioelectronic moments.